



CORREGIDA
UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PECUARIA



Edad de cosecha y concentración de azúcar en el Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque

TESIS

Presentada como requisito para
optar el título profesional de:

INGENIERA ZOOTECNISTA
AUTORA:

Bach. Delgado Burga, Yahaira Vania

ASESOR:

Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr.

Lambayeque — Perú

2020

Edad de cosecha y concentración de azúcar en el Germinado Hidropónico de cebada

(*Hordeum vulgare*) en Lambayeque

TESIS

Presentada como requisito para optar el título profesional de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTORA:

Bach. Delgado Burga, Yahaira Vania

Aprobada por el siguiente jurado:

Ing. Segundo Bernal Rubio
Presidente

Ing. Alejandro Flores Paiva
Secretario

Ing. Benito Bautista Espinoza
Vocal

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Patrocinador

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Delgado Burga, Yahaira Vania, investigadora principal, e Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr. asesor, del trabajo de investigación: “EDAD DE COSECHA Y CONCENTRACIÓN DE AZÚCAR EN EL GERMINADO HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN LAMBAYEQUE”, declaramos bajo juramento que este trabajo, no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 17 de enero de 2020.

.....
Bach. Delgado Burga, Yahaira Vania.

Investigador

.....
Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr.

Asesor



Acta de sustentación de tesis de la bachiller en Ingeniería Zootécnica, Yahzira Venia Delgado Burga para optar el título profesional de Ingeniera Zootecnista

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 09:00 am del día viernes 24 de Enero de 2020, en la sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Zootécnica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, se reunieron los señores miembros del jurado designados por Resolución N.º 074-2019-CF/FIZ, de fecha 12 de Julio del 2019: Ing.º Segundo Filiberto Bernal Rubio (Presidente), Ing.º Alejandro Flores Saiva (Secretario), Ing.º Benito Bautista Espinoza (Vocal) e Ing.º Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. (Patronizador), encargado de recibir y dictaminar sobre el trabajo de tesis titulado "EVALUACIÓN DE COSECHA Y CONCENTRACIÓN DE AZÚCAR EN EL CEMENTO HIDROPONTO DE CEBADA (Hordeum vulgare) de Lambayeque" presentado por la bachiller en Ingeniería Zootécnica Yahzira Venia Delgado Burga como requisito para optar el título profesional de Ingeniera Zootecnista, cuyo proyecto de tesis fue aprobado mediante Resolución N.º 273-2019-FIZ/D de fecha 09 de Octubre del 2019. Presentado y expuesto el trabajo de tesis, cuya sustentación fue autorizada por Resolución N.º 093-2020-FIZ/D de fecha 22 de Enero de 2020, formuladas las preguntas por los miembros del jurado, dando las respuestas por el sustentante y las aclaraciones del señor patronizador, el jurado luego de deliberar, decide aprobar el trabajo de tesis con el calificativo de muy bueno debiendo consignar en el informe final las sugerencias dadas por el jurado durante la sustentación. Por lo tanto el Bachiller en Ingeniería Zootécnica, Venia Delgado Burga se encuentra apto para recibir el título profesional de Ingeniera Zootecnista de acuerdo a la normatividad vigente.

Ing. Segundo Filiberto BERNAL RUBIO
PRESIDENTE

Ing. Alejandro Flores Saiva
SECRETARIO

Ing. Benito Bautista Espinoza
VOCAL

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
PATRONIZADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

La presente es copia fiel del original a la que me remito en caso necesario

Lambayeque, 29 de ENERO del 2020

ING. JOSE ROMERO RENTERIA

FEDATARIO

DEDICATORIA

En este gran día concreto uno de mis grandes objetivos de formación profesional: “Obtener el Título de Ingeniera Zootecnista”, inspira en mi un sin número de expectativas, que me adiestra y compromete a desarrollar con vocación, aplicando los conocimientos recibidos durante los cinco años de formación universitaria.

Dedico este logro a quienes confiaron y compartieron conmigo esta significativa etapa.

A mi padre Wilson Napoleón Delgado Pérez, por ser mi máxima inspiración de ejemplo de persona y un verdadero profesional con vocación, desde aquí quiero dedicarte cada uno de mis logros y se que por no encontrarte aquí con nosotras siempre te recordamos con mucho amor.

A mi madre Flor Esperanza Burga Vásquez, por ser más que una madre una amiga, que me ayudo en mi caminar y sin, pero alguno, quiero decirte infinitas gracias por tu apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida y dedicarte cada uno de mis logros conseguidos con mucho esfuerzo y dedicación.

A mi hermana Juanita, Wilson Lionel, Víctor, por estar ahí siempre alentándome día a día.

A mi familia Delgado Pérez y Burga Vásquez, muchas gracias por cada uno de sus consejos inculcados y el de siempre estar ahí como una verdadera familia, ante mano dedicarles este logro que he obtenido con mucho esfuerzo y dedicación.

A Máximo Fabricio, amigos, profesores, quiero decirles muchas gracias por su tiempo y apoyo entregado hacia mi persona y a la vez dedicarles uno de mis logros obtenidos.

Delgado Burga, Yahaira Vania.

AGRADECIMIENTO

A Dios, nuestro creador quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los obstáculos que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Especial reconocimiento merece mi asesor, Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. por ser un excelente profesional, con el cual me encuentro en deuda por su tiempo permitido, orientación y la confianza depositada en mí, antes y durante todo el trabajo de investigación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Zootecnia por su amistad y sabias enseñanzas que han fortalecido mi capacidad como persona y profesionalmente.

CONTENIDO

	Página
Resumen	xi
Summary.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	3
1.1. Tipo y Diseño de Estudio	3
1.2. Lugar y duración.....	3
1.3. Tratamientos evaluados	3
1.4. Materiales	4
1.5. Instalaciones y equipo	4
1.6. Técnicas experimentales.....	5
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes Bibliográficos.....	11
2.1.1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, técnicas de cultivo	11
2.1.2. Proceso de producción de forraje verde hidropónico	11
2.1.3. Ventajas de los cultivos hidropónicos	15
2.1.4. Desventajas de los cultivos hidropónicos.....	19
2.1.5. Densidades de siembra y relación de producción de FVH	19
2.2. Grados Brix	22
2.3. Diseño experimental.....	24
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
3.1. Análisis de producción de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento.....	26
3.1.1. Producción de Germinado Hidropónico (GH) por bandeja (TCO)	26
3.1.2. Contenido de azúcar de cada tratamiento en grados brix (°B).....	27

3.1.3. Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico (GH) de cebada de cada tratamiento en base fresca (TCO) y base seca (BS)	30
3.1.4. Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)	31
3.1.5. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)	32
3.1.6. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	33
3.1.7. Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	35
3.1.8. Producción fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)	37
3.1.9. Producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg).....	38
3.2. Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) por tratamiento	40
3.2.1. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)	40
3.2.2. Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada	41
3.3. Evaluación económica.....	43
3.3.1. Costo de producción por kilogramo de materia seca de semilla de cebada.....	43
IV. CONCLUSIONES.....	44
V. RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	46
ANEXOS	49
1. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA):	49
1.1. ANAVA de peso a la cosecha de Germinado Hidropónico:	49
1.2. ANAVA de concentración de azúcar en Germinado Hidropónico de cebada:	49

1.2.1. ANAVA de concentración de azúcar en tallo de Germinado Hidropónico de cebada:	49
1.2.2. ANAVA de concentración de azúcar en raíz de Germinado Hidropónico de cebada:	50
1.2.3. ANAVA de concentración de azúcar en planta completa de Germinado Hidropónico de cebada:	50
1.3. ANAVA producción de GH/m ² (TCO):	50
1.4. ANAVA Rendimiento MS/m ² (BS):	51
1.5. ANAVA Rendimiento PC/M2 (BS):	51
1.6. ANOVA Rendimiento EE/m ² (BS):	52
1.7. ANOVA Rendimiento FC/m ² (BS):	52
1.8. ANOVA Rendimiento cenizas/m ² (BS):	52
1.9. ANOVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO):	53
1.10. ANOVA Rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada:	53
2. Estructura de costos de producción de un kg de Materia seca (MS) de GH de T2 (S/.): ..	54

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo.	16
Tabla 2: Composición Química del Forraje Hidropónico de Cebada.	18
Tabla 3: Peso de Germinado Hidropónico por bandeja a la cosecha según tratamiento (Kg). .	26
Tabla 4: Concentración de azúcar en Tallo de Germinado Hidropónico de cada tratamiento (°B).....	28
Tabla 5: Concentración de azúcar en Raíz de Germinado Hidropónico de cada tratamiento (°B).....	29
Tabla 6: Concentración de azúcar en Planta Completa de Germinado Hidropónico de cada tratamiento (°B).	30
Tabla 7: Composición química en base fresca (TCO) y base seca (BS) por tratamiento (%)...31	
Tabla 8: Producción de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	32
Tabla 9: Producción de Materia Seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	33
Tabla 10: Producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	35
Tabla 11: Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	36
Tabla 12: Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	38
Tabla 13: Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).	39
Tabla 14: Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).	41
Tabla 15: Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).	42
Tabla 16: Costo de producción de un kg de Germinado Hidropónico de cebada en base fresca (TCO) y kg de materia seca por tratamiento (S/.).	43

ÍNDICE DE FIGURA:

Figura 1: Diagrama de flujo para determinar la concentración de azúcar (°B) en Germinado Hidropónico de cebada.....	8
---	---

Resumen

Edad de cosecha y concentración de azúcar en el Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque

El estudio se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de Lambayeque del 11 al 29 de setiembre de 2019 y tuvo como objetivos: a) Determinar la concentración de azúcar (°B) asociada a la edad de cosecha de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque; b) Determinar el rendimiento por metro cuadrado de MS, PC, EE, FC y CEN de los tratamientos evaluados; c) Determinar el mejor rendimiento en kg de GH en base fresca y base seca por kg de semilla procesada de cada tratamiento y e) Determinar los costos de producción de un kg de Germinado Hidropónico de cebada en base fresca (TCO) y en materia seca (MS) de los tratamientos evaluados. Para lograrlos se implementaron 3 tratamientos: T0: GH de cebada cosechado a los 15 días de edad; T1: GH de cebada cosechado a los 12 días de edad y T2: GH de cebada cosechado a los 18 días de edad. Se utilizó un Diseño completo al azar con igual número de repeticiones (12 por tratamiento). Se hallaron diferencias estadísticas en todas las variables evaluadas: En concentración de azúcar (°B) T1 fue mayor y menor en T2, pero T2 fue mayor en rendimiento (kg/m²) de MS, PC, FC y CEN excepto en EE, mayor en productividad por kg de semilla en GH y MS/kg de semilla y menor costo de producción.

Palabras clave: Germinado hidropónico, cebada, cosecha, azúcar

Summary

Harvest age and concentration of sugar in the hydroponic sprout of barley (*Hordeum vulgare*) in Lambayeque

The study was carried out in the Nuevo Mocce de Lambayeque populated center from September 11 to 29, 2019 and had the following objectives: a) To determine the concentration of sugar (°B) associated with the crop age of Hydroponic Germinate (GH) of barley (*Hordeum vulgare*) in Lambayeque; b) Determine the performance per square meter of MS, PC, EE, FC and CEN of the evaluated treatments; c) Determine the best yield in kg of GH in fresh base and dry base per kg of seed processed in each treatment and e) Determine the production costs of one kg of Hydroponic Germinate of barley in fresh base (TCO) and in dry matter (MS) of the treatments evaluated. To achieve them, 3 treatments were implemented: T0: GH of barley harvested at 15 days of age; T1: GH of barley harvested at 12 days of age and T2: GH of barley harvested at 18 days of age. A randomized Complete Design with the same number of repetitions (12 per treatment) was used. Statistical differences were found in all the variables evaluated: In sugar concentration (°B) T1 was higher and lower in T2, but T2 was higher in yield (kg / m²) of MS, PC, FC and CEN except in EE, higher in productivity per kg of seed in GH and MS / kg of seed and lower production cost.

Keywords: Hydroponic sprouts, barley, harvest, sugar

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones en Germinado Hidropónico de cebada siempre se han orientado a incrementar la productividad, pero se desconoce aspectos relacionados a la palatabilidad como es la concentración de azúcar que ayuda en la ingestión del producto la cual debe ser determinada asociándola a la edad de cosecha.

Formulación del problema

Se ha formulado la siguiente interrogante: ¿Influye la edad de cosecha en la concentración de azúcar del Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque?

Hipótesis

La edad de cosecha si influye en la concentración de azúcar del Germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque.

Justificación del estudio

El presente trabajo se justifica por ser el primero que se investiga para observar la influencia de la edad de cosecha en la concentración de azúcar del Germinado Hidropónico (GH) de cebada como un factor asociado a la palatabilidad de este producto para la alimentación animal.

Objetivos

Al ejecutar el presente proyecto de investigación se busca:

Determinar la concentración de azúcar (°B) asociada a la edad de cosecha de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque.

Determinar el rendimiento por metro cuadrado de MS, PC, EE, FC y CEN de los tratamientos evaluados.

Determinar el mejor rendimiento en kg de GH en base fresca y base seca por kg de semilla procesada de cada tratamiento.

Determinar los costos de producción de un kg de Germinado Hidropónico de cebada en base fresca (TCO) y en materia seca (MS) de los tratamientos evaluados.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Tipo y Diseño de Estudio

El presente estudio es cuantitativo – propositivo porque se plantea un problema de estudio delimitado y concreto considerando lo que se ha investigado anteriormente y propositivo porque plantea propuestas para solucionar el problema (Bunge, 1972).

El diseño del estudio correspondió al experimental, el cual según Hernández *et al.* (2010) la investigación experimental es la que se realiza para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y porque lo hacen.

1.2. Lugar y duración

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Nuevo Mocce de Lambayeque, del 11 al 29 de setiembre de 2019 y los análisis de composición química se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.3. Tratamientos evaluados

En el presente trabajo de investigación los tratamientos a evaluar fueron los siguientes:

T0: GH de cebada cosechado a los 15 días de edad.

T1: GH de cebada cosechado a los 12 días de edad.

T2: GH de cebada cosechado a los 18 días de edad.

A cada tratamiento se le asignó 12 repeticiones o bandejas hidropónicas.

1.4. Materiales

Semilla de cebada (*Hordeum vulgare*)

La cebada se adquirió en el mercado mayorista Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, de la Provincia de Chiclayo, previo muestreo en dos locales comerciales, para determinar el valor cultural, obteniendo resultados de 78 % y 84 % procediendo a comprar 20 kg de la semilla que presentó mayor valor cultural.

Para la desinfección de semillas se utilizó lejía (hipoclorito de sodio) a dosis de 1 ml por litro de agua durante dos horas. Para el proceso de remojo y riego durante todo el proceso de germinación y producción se utilizó agua pura y a partir del 7mo día se utilizó solución hidropónica A y B (0.75ml A y 0.25 ml B diluidas en 4 L de agua) recomendada por Ordoñez (2016).

1.5. Instalaciones y equipo

20 kg de cebada.

2 torres de hidroponía.

36 bandejas plásticas para hidroponía de 35 cm x 42 cm.

Hipoclorito de sodio al 1% para la desinfección.

Agua potable permanente.

03 baldes para lavado y remojo de semilla.

03 baldes para oreo de semilla.

Equipo de riego por aspersión manual.

1 balanza de precisión con capacidad de 20 kg.

Soluciones hidropónicas A y B.

Refractómetro Digital de sacarosa HI 96801 HANNA.

Materiales de oficina.

1.6. Técnicas experimentales

Sistema de cultivo hidropónico

Se emplearon 36 bandejas para el estudio, asignando doce bandejas a cada tratamiento. A continuación, se detalla el proceso utilizado para la obtención del Germinado Hidropónico.

Etapas de Pre-germinación

- Se calculó la cantidad de semilla de cebada necesaria para el proceso, para ello fue necesario primero calcular el área de las bandejas a emplear: $0.35 \text{ m} \times 0.42 \text{ m} = 0.147 \text{ m}^2$.

Utilizando la densidad de siembra de 3 kg /m^2 recomendado por Guevara (2013), se calculó la cantidad de semilla limpia por bandeja obteniendo 0.441 grs. Luego se multiplicó por las 36 bandejas en estudio (12 por tratamiento) dando un total de 15.88 kg de semilla de cebada “limpia” y considerando un máximo de 80 % de pureza, se compró 20 kg de semilla de cebada en peso bruto.

- Escogido de granos partidos, paja y otras impurezas para obtener 15.88 kg de semilla escogida para la investigación. Esta cantidad se dividió entre 3 baldes para hacer un manejo más apropiado de la semilla obteniendo 5.33 kg/balde.
- Lavado con agua pura para eliminar polvo y otras impurezas.

- Durante 2 horas, se desinfectó con hipoclorito de sodio utilizando 1 ml de hipoclorito de sodio por litro de agua).
- Para eliminar el hipoclorito de sodio de la semilla, se realizó un segundo lavado o enjuague de la semilla, con agua pura.
- Posteriormente se llevó a cabo el proceso de imbibición (remojo) de las semillas, por veinticuatro horas.
- Luego del periodo de remojo, las semillas fueron oreadas en tres baldes con agujeros en la base debidamente tapados por un periodo de 48 horas (dos días).

Etapas de Germinación

- Proceso de siembra de bandeja por tratamiento: después del oreo, cuando habían brotado las raíces de la semilla, se procedió a pesar el total de semilla oreada (28.39 kg) y se dividió entre 36 bandejas para realizar una siembra homogénea en cada bandeja, asignando 0.788 kg de semilla oreada a cada bandeja de cada tratamiento debidamente identificadas.
- Luego de sembrar las semillas en las bandejas de cada tratamiento se trasladaron a las cámaras de germinación provista de una manta oscura, donde permanecieron por un periodo de 5 días. Diariamente se regarán 4 veces al día: 6:00 am; 12:00 m, 6:00 pm y 10 pm con ayuda de un aspersor manual.
- A partir del día 7 de proceso se procedió a diluir soluciones hidropónicas (0.75ml de A y 0.25 ml de B) por cada cuatro (4) litros de agua de riego según recomendaciones de Ordoñez (2016).

Etapas de Producción

- El día 9 de proceso, después de los 5 días de periodo de germinación u oscuridad, se procedió a retirar la manta negra dejando al descubierto las bandejas de todos los tratamientos, dando inicio a la etapa de producción, donde permanecieron hasta el momento de la cosecha de acuerdo a cada tratamiento.

Cosecha

A 12 días de edad se realizó la cosecha de las bandejas del tratamiento T1.

A los 15 días de edad se cosecharon las bandejas del tratamiento testigo T0.

A los 18 días de edad se cosecharon las bandejas del tratamiento T2.

Al momento de la cosecha de cada tratamiento se obtuvo 1.0 kg de muestra compuesta para evaluación de concentración de azúcar y 1.0 kg para análisis de composición química que fue trasladado al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería Zootecnia para su análisis respectivo.

Evaluación en Laboratorio

Para determinar la concentración de azúcar del Germinado Hidropónico de cebada a nivel de planta completa, tallos y raíces se siguió el procedimiento indicado en el diagrama de flujo siguiente:

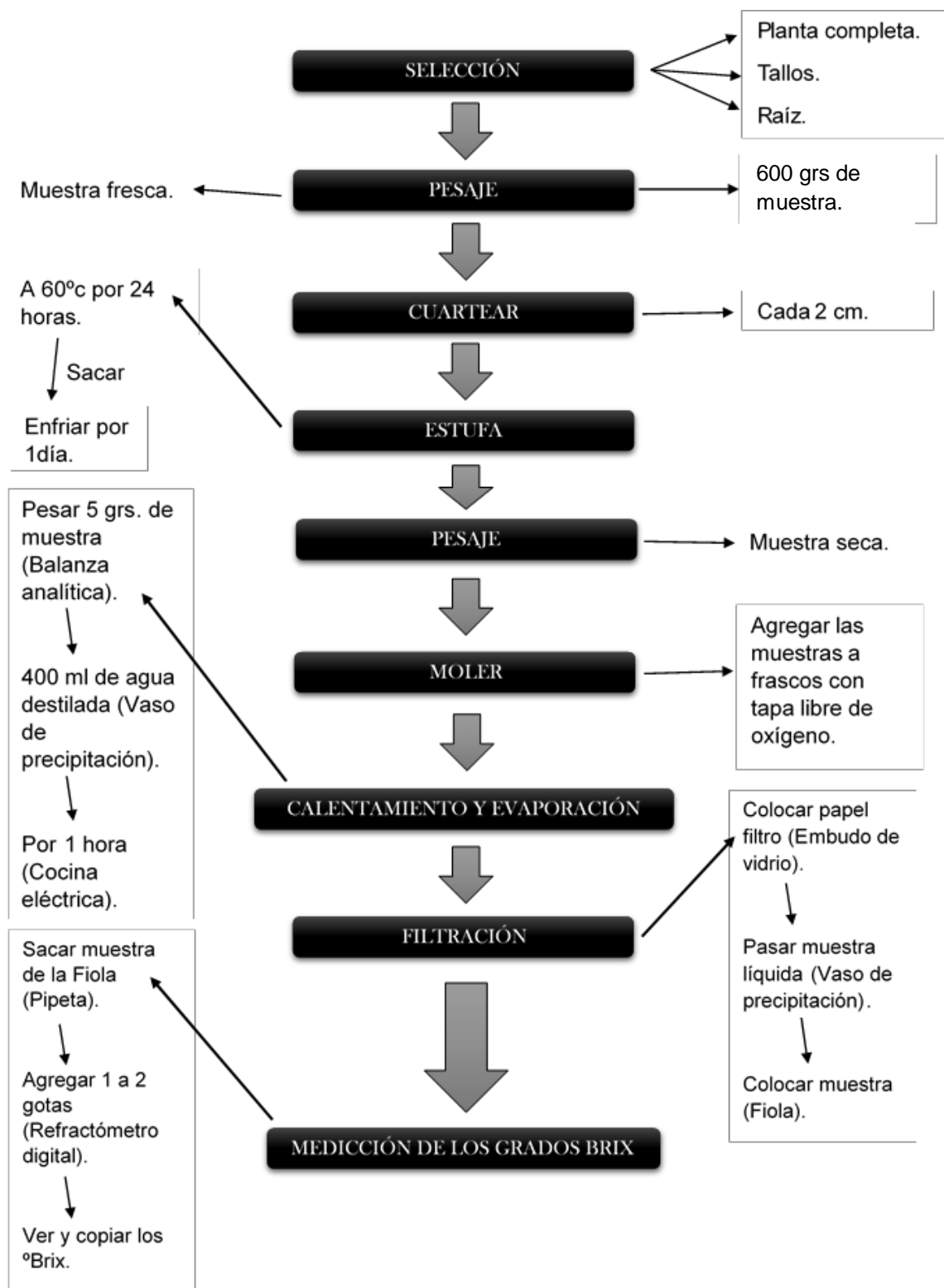


Figura 1: Diagrama de flujo para determinar la concentración de azúcar (°B) en Germinado Hidropónico de cebada.

En el análisis de materia seca, se utilizó el método de la estufa a 60 °C para materia seca parcial (MSP) y 105°C para materia seca total (MST).

En la evaluación de la proteína cruda se utilizó el método de Micro Kjendahl.

En la evaluación del extracto etéreo se utilizó el método de extracción por solventes orgánicos.

En la evaluación de la Fibra cruda se utilizó la metodología de digestión de ácidos y bases.

En la determinación de cenizas se utilizó el método de la mufla a 600° Celsius.

1.7. Variables evaluadas

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

Concentración de azúcar en tallo, raíces y planta completa de Germinado Hidropónico de cada tratamiento.

Producción de Germinado Hidropónico (GH) por metro cuadrado (TCO).

Producción de Materia Seca de GH por metro cuadrado (BS).

Producción de Proteína Cruda (PC) por metro cuadrado (BS).

Producción de Fibra Cruda (FC) por metro cuadrado (BS).

Producción de Extracto Etéreo (EE) por metro cuadrado (BS).

Producción de Cenizas (CEN) por metro cuadrado (BS).

Rendimiento de Germinado Hidropónico (GH) por kg de semilla procesada.

Rendimiento de Materia Seca (MS) de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada.

Costo de producción de cada tratamiento.

1.8. Evaluación de la información

Por tratarse de un estudio experimental en el que se consideró la evaluación de tres tratamientos, se procedió a realizar el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

$$H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2$$

H_a : Al menos una media difiere del resto.

Para evaluar estadísticamente la hipótesis se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con igual número de repeticiones (12 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria observable correspondiente al i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

μ = Media general.

t_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error experimental que se presenta al efectuar la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

t = número de tratamientos.

Se realizó el Análisis de varianza para determinar si había diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Para analizar cuál de los tratamientos fueron mejores. Se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tuckey.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

2.1.1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, técnicas de cultivo

BELTRANO Y GIMENEZ (2015), indican que el cultivo en hidroponía, es una modalidad en el manejo de plantas, que permite su cultivo sin suelo. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva. El rendimiento de los cultivos hidropónicos puede duplicar o más los de los cultivos en suelo.

REGALADO (2009), señala que el forraje hidropónico (FH) viene a ser el resultado del proceso de germinación de los granos de cereales o leguminosas (cebada, maíz, soya, sorgo) que se realiza durante 9 a 15 días, alcanzando una altura de 20 a 25 cm; y que los animales consumen por completo: tallos, hojas, raizuelas y restos de semilla.

TARRILLO (2005), indica que la semilla debe ser entera, seca y tener por lo menos 85% de poder germinativo. Para la semilla de cebada, se esperan rendimientos de 6 a 8 kilogramos de forraje hidropónico por kilogramo de semilla.

2.1.2. Proceso de producción de forraje verde hidropónico

EDICIONES CULTURALES VER (1992), describe el siguiente proceso de producción de forraje verde hidropónico (FVH) de la siguiente manera:

Lavado: El lavado de la semilla consiste en inundar el grano en un depósito con agua, con el fin de retirar todo el material de flote, como lanas y pedazos de basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impureza.

La pre-germinación: Consiste en activar el poder germinativo de la semilla, es decir: romper el estado de latencia en el que se encuentra. Para realizar la pre-germinación, la semilla se humedece durante 24 horas con agua, luego de ello se recoge la semilla húmeda y se deja reposando durante 48 horas en los recipientes debidamente tapados, para mantener la humedad relativa alta.

La siembra: Se realiza sobre las bandejas que se han escogido, que pueden ser de láminas galvanizadas en forma cuidadosa para evitar daños a la semilla. La densidad de siembra varía de acuerdo con el tamaño de grano a sembrar.

La germinación: Comprende el conjunto de cambios y transformaciones que experimenta la semilla colocada en determinadas condiciones de humedad, aeración y temperatura que le permiten iniciar su vida activa hasta convertirse en la futura planta.

TARRILLO (2005), indica los siguientes pasos para el sistema de producción de forraje hidropónico:

Selección de semilla: Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o perseverantes. Además, las semillas tienen que ser idóneas, debe ser entera, seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo.

Lavado: Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se

realiza sumergiendo en agua las semillas, agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia. Este procedimiento se repite tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas.

Desinfección: Las semillas son desinfectadas con el objetivo de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1% (1ml. de lejía por cada litro de agua) por espacio de 30 minutos a 2 horas, dependiendo del grado de contaminación de la semilla.

Remojo: Las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz.

Oreo: Terminado el proceso de remojo, las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un depósito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua. Además, el depósito será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecerán por espacio de uno a dos días, hasta la aparición del punto de brote de la semilla.

Germinación: Esta etapa se inicia con la siembra de las semillas en las bandejas, a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de bandeja, es decir una altura de cama de semillas de 1 cm. a 2.5 cm. las cuales son regadas de tres a cuatro días y bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días.

Producción: En esta etapa existe una mayor iluminación, además el FH es regado una a dos veces al día. El periodo de crecimiento de este dura entre seis a ocho días

alcanzando una altura promedio de 20 a 30 cm., la cual dependerá de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, ventilación, frecuencia de riego e iluminación.

Cosecha: Finalmente se realiza la cosecha, desmenuzando el FH en forma manual o mecánica, para un mejor suministro a los animales.

SIAN (2011), indica que el verdadero valor de una semilla depende de una serie de factores, sin los cuales no es posible obtener los verdaderos rendimientos que se requiere para el progreso agrícola e indica que son tres los factores que influyen sobre el valor de las semillas:

- 1°. Poder germinativo. - Llamado también coeficiente de germinación. La fórmula para hallarlo es: $((N^{\circ} \text{ de semillas germinadas} / \text{cantidad semillas sembradas}) \times 100)$. Una semilla cuyo poder germinativo sea menor de 70 % no es aconsejable para sembrarla.
- 2°. Coeficiente de pureza. - Es un factor importante y fácil de determinar con la siguiente formula: $(100 - (\text{Peso de las impurezas} / \text{Peso inicial total de semilla evaluada}))$.
- 3°. Valor cultural. - Se calcula con la siguiente fórmula: $(\text{Coeficiente de pureza} \times \text{coeficiente de germinación}) / 100$. La mayor cifra que se puede obtener es de 100 y mejor será la semilla, cuanto más se acerque a dicho número.

ORDOÑEZ, et al. 2018. Realizaron un estudio con el objetivo de determinar el efecto de diferentes dosis de soluciones nutritivas A y B en el agua de riego de germinado hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) sobre el valor nutricional y rendimiento del germinado. Se trabajó con seis tratamientos: Control - T0: sin solución A y B; T1: 1.00 ml A y 0.50 ml B; T2: 0.50 ml A y 0.125 ml B; T3: 0.75 ml A y 0.25 ml B; T4: 1.25 ml A y 0.75 ml B; T5: 1.50 ml A y 1.00 ml B, todos con seis repeticiones. Los resultados

del análisis químico proximal y rendimiento del germinado fueron sometidos a un diseño completamente al azar. Las dosis de soluciones nutritivas influyeron significativamente en la totalidad de las variables evaluadas, siendo T3 quien demostró mejores valores de las variables evaluadas a excepción del contenido de cenizas, en tanto que T0, T4 y T5 presentaron los menores valores. Por lo tanto, se concluye que la combinación de soluciones nutritivas en dosis de 0.75 ml A y 0.25 ml B es la más apropiada para obtener mejores resultados sobre el rendimiento y valor nutricional de GH de H. vulgare.

2.1.3. Ventajas de los cultivos hidropónicos

El Manual técnico de forraje verde hidropónico de la FAO (2001), refiere las siguientes ventajas:

Ahorro de agua: En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Tabla 1). Además, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre 12 % a 18 %. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Tabla 1: Gasto de agua para producción convencional de forraje en condiciones de campo.

ESPECIE	Litros de agua/kg materia seca (promedio de 5 años)
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: Carámbula y Terra (2000).

Eficiencia en el uso del espacio: El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.

Eficiencia en el tiempo de producción: La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH.

Calidad del forraje para los animales: El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena actitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.3 Mcal/kg) que el FVH (3.2 Mcal/kg).

Costos de producción: Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que, considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las

pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. La ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente.

TARRILLO (2005), refiere que el forraje hidropónico presenta ventajas en varios aspectos:

- 1. Es un sistema nuevo para producir forrajes:** En el mundo agropecuario conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta.
- 2. Producción de forraje hidropónico bajo Invernadero:** Esta producción se realiza dentro de invernaderos, lo cual nos permite una producción de forraje bajo cualquier condición climática y constante durante todo el año. Los requerimientos de área, agua y energía son mínimos.
- 3. Requiere poca Agua:** En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 litros de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.) pero en un módulo que produce 500 kg de forraje/día requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido.
- 4. La Producción es constante todo el año:** El sistema de producción es continuo, es decir todos los días se siembran y cosechan igual número de bandejas. Por ejemplo, si trabajamos con un invernadero de 500 bandejas en un periodo de crecimiento de 10 días,

el primer día sembraremos 50 bandejas, el segundo día otras 50 y así se proseguirá hasta el día decimo.

5. Desde un punto de vista nutricional: El forraje Hidropónico al alcanzar una altura de 20 a 30 cm es cosechado y suministrado con la totalidad de la planta, es decir, raíz, restos de semilla, tallos y hojas constituyendo una completa fórmula de proteína, energía, minerales y vitaminas altamente asimilables. La composición química se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 2: Composición Química del Forraje Hidropónico de Cebada.

ANÁLISIS		RAICES	TALLOS	HOJAS	TOTAL
Proteína	%	12.19	27.18	35.28	16.02
Grasa	%	5.68	4.55	3.76	5.37
Fibra cruda	%	10.29	26.32	21.50	12.94
ELN	%	69.28	36.78	34.66	62.63
Ceniza	%	2.56	5.17	4.8	3.03
N.D.T	%	84.03	61.29	76.26	80.91

Fuente: Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos Universidad Nacional Agraria La Molina.

Las mejoras que obtenemos con el uso de forraje hidropónico en la alimentación animal se dan en: ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, mejor producción de leche con mayor contenido de grasa y solidos totales.

6. Reducción de costos de alimentación y de Inversiones: Muchos de los ganaderos en el Perú, que presentan reducido piso forrajero o aun peor no disponen de terreno agrícola, como se da en el caso de criadores de cuyes, se ven obligados a comprar forraje la cual es cada vez una oferta más reducida. El costo del FVH es inferior a un forraje comprado.

ALIAGA, *et al* (2009), indican que el forraje de granos germinados es un alimento de alto rendimiento, cuyo valor nutritivo es alto y que se puede producir durante todo el año. Manifiesta además que, en el proceso de germinación, las enzimas se movilizan e invaden el interior de las semillas, por lo que ocurre una disolución de paredes celulares por la acción de aquellas. Posteriormente, se liberarán granos de almidón, los cuales son transformados en azúcares y así empieza dicho proceso. El rendimiento del grano germinado es cinco a seis veces el peso de la semilla en un proceso de producción que dura 15 días en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa, densidad y buena calidad de semillas. Los granos más utilizados en la producción de GH son trigo, cebada, maíz y avena.

2.1.4. Desventajas de los cultivos hidropónicos

La FAO (2001) indica que hay una desinformación y sobrevaloración de la tecnología. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar. Asimismo, el costo de instalación elevado es una desventaja que presenta este sistema. Sin embargo, se ha demostrado que, utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados. Alternativamente, productores agropecuarios brasileños han optado por la producción de FH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo micro-túneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible.

2.1.5. Densidades de siembra y relación de producción de FVH

La FAO (2001), recomienda una densidad de siembra de 2,4 a 3,4 kilos de semillas por metro cuadrado, recordando no superar 1,5 centímetros de altura en la bandeja; realizando

una cosecha entre los 10 a 15 días de haber sembrado con un rendimiento de 12 a 18 kilos de forraje por cada kilo de semilla.

LÓPEZ (2010), manifiesta que la densidad de siembra para la cebada en cultivo hidropónico es de 20 gr/dm² a una profundidad de 2 cm, menciona que los rendimientos son de 9 a 12 kilogramos de FVH por un kilogramo de semilla en condiciones normales. Y cita a Falcones, J. (2000), indica que la especie que se adapta mejor a la producción de FVH es la cebada tiene mayor crecimiento 20,6 cm y mayor rendimiento de materia verde 6,27 kg. / Kg. de semilla, en el menor tiempo necesario para su cosecha. También expresa que la cebada es la especie con la que se produce mejor forraje hidropónico en menor tiempo, tiene menor rendimiento de materia seca que la avena con 0,62 kg frente a 0,91 kg / Kg. de semilla sembrada.

GUEVARA (2013) en Lambayeque, evaluó el rendimiento de GH de cebada (*Hordeum vulgare*) en seis niveles de siembra: 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Kg/m², determinando que el mejor rendimiento se logró con la densidad de siembra de 3 Kg/m², obteniendo 0,779 Kg de MS/Kg de semilla procesada y en tal como ofrecido (TCO) logró un rendimiento máximo de 7,22 kg de GH/kg de semilla procesada a nivel de máximas y 4,05 kg de GH/kg de semilla procesada a nivel de mínimas.

RUESTA (2013) al evaluar el tiempo de remojo y concentración de cloro y/o lejía en desinfección de semilla en GH de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque concluyó que los mejores resultados se hallaron con hipoclorito de sodio al 0.001 por ciento (1 ml de hipoclorito de sodio en 1 L de agua) con 120 minutos de tiempo,

obteniendo un rendimiento de 6.857 kg de GH/kg de semilla procesada en base fresca con 17,48 % de proteína cruda en base seca.

AGUILAR (2014) en Lambayeque, implementó cinco tratamientos para determinar el mejor tiempo de oscuridad para la producción de GH de cebada (*Hordeum vulgare L*) con dos días (T1), tres días (T2), cuatro días (T3), cinco días (T4) y seis días (T5) determinando que el mejor periodo es cinco días (T4), logrando por metro cuadrado un rendimiento de 1.6 kg de materia seca en base fresca; y en base seca 0,28 kg de proteína cruda; 0,08 kg de extracto etéreo; 0,06 kg de cenizas y un nivel de 0,23 kg de fibra cruda. El rendimiento de GH (TCO) por kg de semilla procesada fue 5,36 kg.

QUÍÑONEZ (2014) al evaluar la influencia del ciclo lunar en la producción de GH de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque determinó que la mejor etapa es luna llena, donde la producción obtenida por metro cuadrado fue 0,30 kg de proteína cruda; 0,08 kg de extracto etéreo; 0,104 kg de cenizas y presentó un nivel de 0,30 kg de fibra cruda por metro cuadrado. El rendimiento de GH en base fresca por kg de semilla procesada fue de 7.13 kg y en términos de materia seca fue de 0.78 kg de materia seca por kg de semilla procesada.

SINCHIGUANO (2008) en Ecuador, evaluó la productividad medida en rendimiento de kg de MS de FVH por kg de semilla determinando 1.7 kg para cebada con 15 días de periodo de producción.

TARRILLO (2005), menciona que para semillas de cebada, trigo y avena se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de FVH por cada kilo de semilla.

CORRALES (2009) indica que los términos utilizados para referirse a la semilla sembrada en el proceso de producción de germinado hidropónico inducen a confusión, porque se manejan dos pesos de la semilla durante el proceso: El primer peso se calcula con la semilla seca en función de la densidad de siembra a utilizar y el segundo peso se realiza con la semilla hidratada (oreada) para distribuirla homogéneamente en las bandejas, llamando a este procedimiento “siembra en bandejas” y muchos confunden este término cuando nos queremos referir al peso inicial por lo que propone llamar peso de semilla “procesada” a la cantidad de semilla que inicia todo el proceso de producción.

2.2. Grados Brix

WIKIPEDIA (2019) indica que los grados Brix son una unidad de cantidad (símbolo °Bx) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de sólido disuelto por 100 g de disolución total. Los grados Brix se cuantifican con un refractómetro, detectores de horquillas vibratorias o con un caudalímetro másico.

LUJAN (2016) manifiesta que las frutas y hortalizas en su composición química contienen azúcares. El análisis para poder determinar los grados brix también determina el índice de refracción y el contenido de sólidos solubles, el índice de refracción mide la refracción de la luz a través de una solución y se emplea para determinar la calidad debido a que la variación del índice indica la adulteración de los alimentos, entre más sólidos solubles tenga una solución, mayor será el índice de refracción. El índice de refracción se mide con un instrumento llamado refractómetro, el contenido de sólidos solubles se determina gracias al índice de refracción y se utiliza en frutas y hortalizas para así poder determinar la cantidad o concentración de azúcares en los productos. La concentración de azúcar se

expresa y se mide en grados brix a una temperatura de 20°C. El grado brix equivale al porcentaje de peso de la sacarosa contenida en una solución acuosa. Se puede decir que el índice de refracción, el contenido de sólidos solubles y los grados brix miden la concentración de azúcar presente en los alimentos.

FEDNA (2016) presenta la composición química del grano de cebada: Humedad: 11.1%; Cenizas: 2.2%; Proteína bruta: 9.6%; Extracto etéreo: 1.7%; Fibra bruta: 4.7%; Fibra detergente neutra (FND): 18.1%; Fibra detergente ácida (FAD): 5.5%; Almidón: 52.5%; azúcares: 1.6%; Calcio: 0.06%; Fósforo: 0.32%; Sodio: 0.02% y Cloro: 0.12%.

MCLEOD (1952) evaluó los azúcares libres de diez muestras de cebada no germinada las que se separaron por cromatografía de partición y se estimaron por el método de microcobre Somogyi. Las cantidades absolutas de las diferentes fracciones de azúcar variaron ampliamente de una muestra a otra, pero la sacarosa siempre fue la más abundante (valores medios, 0,92% de grano, 49% del total de azúcares libres), seguidos, en orden de abundancia, de rafinosa y glucodifrutosa. Las hexosas representaron menos del 10% del total de azúcares. En una muestra de cebada Spratt-Archer, aproximadamente el 75% de la sacarosa y el 80% de la rafinosa se localizó en el germen y la aleurona, mientras que el 65% de la azúcar hexosa estaba en el endospermo.

AFSHARI, et al (2016) indican que la cebada (*Hordeum vulgare L.*) es uno de los cereales tolerantes a la sequía y que sus componentes de grano tienen un papel importante en la nutrición humana y animal; estudiaron genotipos de cebada (n = 6) con diferentes niveles de tolerancia a la sequía en un experimento de campo de 2 años en condiciones de estrés por sequía bien regadas y terminales. Para medir las propiedades físicas de los granos,

tomaron imágenes digitales y se obtuvieron algunas características morfológicas utilizando Image Analysis Toolbox del software MATLAB. También midieron las propiedades bioquímicas de los granos. Los resultados demostraron que el tamaño, el peso y también la calidad de los granos se vieron significativamente afectados por el estrés por sequía ($P < 0.01$). El contenido de almidón de grano disminuyó y el contenido de proteína aumentó bajo estrés por sequía en la etapa de antesis en todos los genotipos, pero los genotipos sensibles a la sequía curiosamente tuvieron un aumento porcentual más en el contenido de proteína. Además, los genotipos variaron en contenido de azúcar total, sacarosa, glucosa y fructosa. El estrés por sequía afectó el tamaño del grano y finalmente el peso de los genotipos de cebada de 1,000 granos al reducir el área y la longitud del eje menor de los granos. Las correlaciones entre el peso de 1,000 granos y la longitud del eje menor, el área de grano, el contenido de almidón y sacarosa fueron significativas ($P < 0.01$). Estos resultados enfatizaron en ambas condiciones que las características dependientes del tamaño del grano, particularmente la longitud y área del eje menor, pueden estar sirviendo como rasgos útiles para la estimación del peso de 1000 granos y las propiedades bioquímicas en la cebada.

2.3. Diseño experimental

PADRON (2009), indica que el diseño completamente al azar (DCR) es el diseño más simple y se usa cuando las unidades experimentales son homogéneas, y la variación entre ellas es muy pequeña como es el caso de experimentos de laboratorio, invernaderos, gallineros, granjas porcinas, etc. en que las condiciones ambientales son controladas, tal diseño es una prueba con un solo criterio de clasificación.

Las ventajas de este diseño son:

Es fácil de planear.

Es flexible en cuanto al número de tratamientos y repeticiones, el límite está dado por el número de unidades experimentales en general.

No es necesario que el número de tratamientos sea igual al número de repeticiones.

El número de grados de libertad para el error aumenta por no tener muchas restricciones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de producción de Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) por tratamiento

3.1.1. Producción de Germinado Hidropónico (GH) por bandeja (TCO)

A continuación, se presenta la producción en biomasa verde de GH, por bandeja de cada tratamiento, cosechado a 15 días de edad.

Tabla 3: Peso de Germinado Hidropónico por bandeja a la cosecha según tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B 1	2.40	1.72	3.34
B 2	2.81	1.90	3.02
B 3	2.65	1.84	3.20
B 4	2.30	1.75	3.33
B 5	2.89	1.81	2.96
B 6	2.08	1.85	3.05
B 7	2.58	1.87	2.99
B 8	2.17	1.80	3.35
B 9	3.00	1.77	3.18
B 10	2.34	1.91	2.87
B 11	2.41	1.75	2.76
B 12	2.57	1.70	2.53
Total/tratamiento	30.17	21.65	36.54
Promedio	2.51	1.80	3.05

3.1.2. Contenido de azúcar de cada tratamiento en grados brix (°B)

La concentración de azúcar de Germinado Hidropónico se midió en grados brix (°B) tanto a nivel de planta completa, hojas y raíces de cada tratamiento las cuales se aprecian a continuación.

3.1.2.1. Contenido de azúcar en tallos de GH de cebada (°B)

Los tallos representan la fracción verde del germinado hidropónico y la primera parte consumida por el animal por lo que la concentración de azúcar a este nivel es importante para incentivar el consumo por su palatabilidad. Los resultados se aprecian en la tabla 4 y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 1.2.1) se hallaron diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mayor concentración de azúcar de 1.03 °B los tallos del GH cosechados a 12 días (T1), disminuyendo la concentración de azúcar en 5.82% en los cosechados a 15 días (T0) apreciando un descenso de la concentración de azúcar de 33.98% en los tallos del GH desde 12 a 18 días de edad (T2).

Tabla 4: Concentración de azúcar en Tallo de Germinado Hidropónico de cada tratamiento (°B).

Muestra	T0	T1	T2
1	0.9	1.0	0.7
2	1.0	1.1	0.7
3	0.9	1.0	0.6
4	1.0	1.0	0.7
5	1.0	1.0	0.6
6	1.0	1.1	0.7
7	0.9	1.0	0.7
8	1.0	1.1	0.6
9	1.0	1.0	0.7
10	0.9	1.0	0.7
11	1.0	1.1	0.7
12	1.0	1.0	0.7
Total	11.6	12.4	8.1
Promedio	0.97b	1.03a	0.68c

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

3.1.2.2. Contenido de azúcar en raíz de GH de cebada (°B)

La raíz representa la base del desarrollo y sostén del Germinado Hidropónico y la segunda parte consumida por el animal por lo que la concentración de azúcar a este nivel es importante para continuar con el consumo del GH sin afectar la palatabilidad. Los resultados se aprecian en la tabla 5 y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 1.2.2) se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0.05$) presentando mayor concentración de azúcar la raíz del GH cosechado a 12 días (T1), superando en 27.17% a la concentración de azúcar del tallo cosechado a 15 días (T0) apreciando que la concentración de azúcar bajó en 69.56 % desde 12 días hasta 18 días (T2).

Tabla 5: Concentración de azúcar en Raíz de Germinado Hidropónico de cada tratamiento (°B).

Muestra	T0	T1	T2
1	0.7	0.9	0.2
2	0.7	0.9	0.3
3	0.7	0.8	0.2
4	0.6	0.9	0.3
5	0.7	1	0.3
6	0.7	0.9	0.3
7	0.6	0.9	0.3
8	0.7	0.8	0.3
9	0.6	1	0.3
10	0.7	1	0.3
11	0.6	0.9	0.3
12	0.7	1	0.3
Total	8	11	3.4
Promedio	0.67b	0.92a	0.28c

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

3.1.2.3. Contenido de azúcar de planta completa de GH de cebada (°B)

La planta completa está constituida por raíz y tallos de Germinado Hidropónico disponible para el consumo animal, la concentración de azúcar de cada tratamiento se aprecia en la tabla 6 y el análisis de varianza (anexo 1.2.3) demostró la diferencia de estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando la mayor concentración el GH cosechado a 12 días de edad (T1) con 1.23°B la cual disminuyó 26.02% al ser cosechado en 15 días y siguió disminuyendo en 84.55% al cosechar a 18 días de edad lo cual está influenciado por el marcado descenso que se da a nivel de la raíz demostrando que a mayor edad de cosecha el contenido de azúcar es menor

perdiendo la palatabilidad de este producto para el consumo animal y poniéndolo en desventaja con el forraje tradicional como el maíz chala que es ligeramente dulce al momento de ser consumido.

Tabla 6: Concentración de azúcar en Planta Completa de Germinado Hidropónico de cada tratamiento (°B).

Muestra	T0	T1	T2
1	0.9	1.2	0.2
2	0.9	1.2	0.2
3	1.0	1.2	0.1
4	0.9	1.3	0.2
5	0.9	1.2	0.2
6	0.9	1.3	0.2
7	0.9	1.2	0.2
8	0.9	1.3	0.2
9	0.9	1.2	0.2
10	0.9	1.2	0.2
11	0.9	1.2	0.2
12	0.9	1.2	0.2
Total	10.9	14.7	2.3
Promedio	0.91b	1.23a	0.19c

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

3.1.3. Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico (GH) de cebada de cada tratamiento en base fresca (TCO) y base seca (BS)

Los análisis de composición química del GH de cada tratamiento se llevaron a cabo en el laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ing. Zootecnia, después de concluida la fase

experimental. Los resultados se aprecian en la tabla 7 apreciándose que el tratamiento testigo (T0) que fue cosechado a 15 días presentó la mayor concentración de proteína cruda y extracto etéreo; el tratamiento que fue cosechado a 12 días de edad (T1) fue ligeramente superior a los otros dos tratamientos en contenido de materia seca en base fresca (TCO) y el tratamiento que fue cosechada a los 18 días (T2) superó en contenido de fibra cruda y cenizas.

Tabla 7: Composición química en base fresca (TCO) y base seca (BS) por tratamiento (%).

	T0	T1	T2
Materia seca (% TCO)	19.98	20.32	19.75
PC (% BS)	14.46	12.62	13.92
EE (% BS)	4.69	3.68	3.37
FC (% BS)	13.49	11.57	15.19
CEN (% BS)	3.08	3.12	3.27

Fuente: Laboratorio Nutrición Facultad Ing. Zootecnia UNPRG.

3.1.4. Producción de Germinado Hidropónico por metro cuadrado (TCO)

El área de bandeja que se utilizó en el presente estudio fue de 0.147 m² y con la información de la tabla 3, se calculó el rendimiento de GH por metro cuadrado de cada tratamiento, en base fresca (TCO) cuyos resultados se aprecian en la tabla 8. Al aplicar el análisis de varianza (ver anexo 1.3) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$); presentando el mayor rendimiento con 20.71 kg de GH/m² T2 superando al rendimiento de T0 en 17.43% y a T1 que fue cosechada a 12 días en 40.75%.

Tabla 8: Producción de Germinado Hidropónico en base fresca (TCO) por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B1	16.29	11.67	22.72
B2	19.08	12.93	20.51
B3	18.03	12.48	21.77
B4	15.65	11.90	22.62
B5	19.66	12.28	20.10
B6	14.13	12.59	20.75
B7	17.55	12.72	20.31
B8	14.73	12.24	22.76
B9	20.41	12.01	21.60
B10	15.88	12.99	19.49
B11	16.36	11.90	18.78
B12	17.45	11.53	17.18
Total/tratamiento	205.22	147.24	248.57
Promedio	17.10b	12.27c	20.71a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

3.1.5. Producción de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg)

Para calcular el aporte de materia seca (MS) por metro cuadrado de cada tratamiento, se utilizó la información de aporte de materia seca de cada tratamiento de la tabla 7 e información de la tabla 8. Los resultados se aprecian en la tabla 9 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 1.4) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$); obteniendo la mejor producción de MS/m² T2 con 4.09 kg superando en 16.67 % a T0 que presentó un rendimiento de 3.66 kg y superó en 10.6

% al rendimiento de T0 que se cosecho a 15 días y en 39.12% al rendimiento de T1 que fue cosechado a 15 días que presentó el menor rendimiento de todos los tratamientos con 2.49 kg de MS de GH de cebada/m².

Tabla 9: Producción de Materia Seca de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B1	3.26	2.37	4.49
B2	3.81	2.63	4.05
B3	3.60	2.54	4.30
B4	3.13	2.42	4.47
B5	3.93	2.50	3.97
B6	2.82	2.56	4.10
B7	3.51	2.58	4.01
B8	2.94	2.49	4.49
B9	4.08	2.44	4.27
B10	3.17	2.64	3.85
B11	3.27	2.42	3.71
B12	3.49	2.34	3.39
Total/tratamiento	41.00	29.92	49.09
Promedio	3.42b	2.49c	4.09a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (p<0.05)

3.1.6. Producción de proteína cruda (PC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de proteína cruda (PC) por metro cuadrado, se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 4 y la producción de MS/m² de cada tratamiento de la tabla 10. Los resultados se aprecian en la tabla 9 y al realizar el análisis de varianza (anexo 1.5) se hallaron diferencias

estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) y al aplicar la prueba de Tuckey el mejor rendimiento de proteína cruda (PC)/m² se logró con el tratamiento dos (T2) con 0.57 kg superando al rendimiento de T0 que rindió 0.49 kg de PC/m² en base seca y el menor rendimiento lo presentó T1 que se cosecho a los doce días con 0.31 kg de PC/m². Los tratamientos T2 y T0 cosechado a los 15 días superaron el valor obtenido por Quiñonez (2014) de 0.34 kg, pero todos superaron el rendimiento de Aguilar (2014) con 0.28 kg de proteína cruda/m²; asimismo T2 con 0.57 kg de PC/m² cosechado en 18 días superó el nivel reportado por Curay (2013) de 0.52 kg en base seca que utilizó solución nutritiva en el agua de riego.

Tabla 10: Producción de proteína cruda (PC) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B1	0.47	0.30	0.62
B2	0.55	0.33	0.56
B3	0.52	0.32	0.60
B4	0.45	0.31	0.62
B5	0.57	0.31	0.55
B6	0.41	0.32	0.57
B7	0.51	0.33	0.56
B8	0.43	0.31	0.63
B9	0.59	0.31	0.59
B10	0.46	0.33	0.54
B11	0.47	0.31	0.52
B12	0.50	0.30	0.47
Total/tratamiento	5.93	3.78	6.83
Promedio	0.49b	0.31c	0.57a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

3.1.7. Producción de extracto etéreo (EE) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de extracto etéreo (EE) por metro cuadrado, se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 8 y producción de materia seca por tratamiento de la tabla 9. Los resultados se aprecian en la tabla 11 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 1.6) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mejor producción de

extracto etéreo (EE)/m² el tratamiento cosechado a 15 días (T0) con un rendimiento de 0.16 kg superando en 14.37 % al rendimiento del GH cosechado a 12 días (T1) con 0.091Kg de EE/m². Todos los tratamientos superaron los valores de 0.08 kg hallados por Quiñonez (2014).

Tabla 11: Producción de extracto etéreo (EE) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B1	0.15	0.09	0.15
B2	0.18	0.10	0.14
B3	0.17	0.09	0.14
B4	0.15	0.09	0.15
B5	0.18	0.09	0.13
B6	0.13	0.09	0.14
B7	0.16	0.10	0.14
B8	0.14	0.09	0.15
B9	0.19	0.09	0.14
B10	0.15	0.10	0.13
B11	0.15	0.09	0.12
B12	0.16	0.09	0.11
Total/tratamiento	1.92a	1.10c	1.65b
Promedio	0.16a	0.09c	0.14b

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (p<0.05)

3.1.8. Producción fibra cruda (FC) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de fibra cruda (FC) por metro cuadrado, se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la tabla 8 y producción de materia seca por tratamiento de la tabla 9. Los resultados se aprecian en la tabla 12 y al aplicar el análisis de varianza (anexo 1.7) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) presentando mayor rendimiento de fibra cruda/m² el GH cosechado a 18 días (T2) con 0.62 kg, superando al rendimiento de 0.52 kg FC hallado por Curay (2013) que utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego y cosechado a 15 días de edad. El tratamiento con menor producción de FC/m² fue obtenido con el tratamiento cosechado a 12 días (T1) con 0.28 kg de FC/m² en base seca, superando los valores de 0.06 kg y 0.104 kg reportados por Aguilar (2014) y Quiñonez (2014).

Tabla 12: Producción de fibra cruda (FC) en base seca (BS) de germinado hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B1	0.44	0.27	0.68
B2	0.51	0.30	0.62
B3	0.49	0.29	0.65
B4	0.42	0.28	0.68
B5	0.53	0.29	0.60
B6	0.38	0.30	0.62
B7	0.47	0.30	0.61
B8	0.40	0.29	0.68
B9	0.55	0.28	0.65
B10	0.43	0.31	0.58
B11	0.44	0.28	0.56
B12	0.47	0.27	0.52
Total/tratamiento	5.53	3.46	7.46
Promedio	0.46b	0.29c	0.62a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes. ($p < 0.05$)

3.1.9. Producción de cenizas (CEN) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado en base seca (Kg)

Para calcular los aportes de cenizas (CEN) por metro cuadrado se utilizó la información de aporte nutricional en base seca de cada tratamiento de la Tabla 8 y la producción de materia seca por tratamiento de la tabla 9. Los resultados se aprecian en la tabla 13 y al aplicar el análisis de varianza (ver anexo 1.8) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) y con la prueba de

Tuckey el tratamiento con mayor producción de cenizas fue el cosechado a 20 días de edad (T2) con 0.13 kg de CEN/m² superando al reporte de Aguilar (2014) de 0.06 kg quien no utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego y al valor reportado por Curay (2013) de 0.08 kg quien sí utilizó soluciones hidropónicas en el agua de riego cosechando ambos a los 15 días de edad. El tratamiento con menos rendimiento de CEN/m² lo presento el GH cosechado a 12 días (T1) con 0.08 kg siendo ligeramente inferior al rendimiento de 0.10 kg de ceniza/m² reportado por Quiñonez (2014) de 0.10 kg cosechando a 15 días de edad.

Tabla 13: Producción de cenizas (CEN) en base seca (BS) de Germinado Hidropónico por metro cuadrado de cada tratamiento (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B1	0.10	0.07	0.15
B2	0.12	0.08	0.13
B3	0.11	0.08	0.14
B4	0.10	0.08	0.15
B5	0.12	0.08	0.13
B6	0.09	0.08	0.13
B7	0.11	0.08	0.13
B8	0.09	0.08	0.15
B9	0.13	0.08	0.14
B10	0.10	0.08	0.13
B11	0.10	0.08	0.12
B12	0.11	0.07	0.11
Total/tratamiento	1.26	0.93	1.61
Promedio	0.11b	0.08c	0.13a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (p<0.05)

3.2. Análisis de productividad de Germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) por tratamiento

La productividad expresada en el rendimiento por kilogramo de semilla procesada se midió en rendimiento de Germinado Hidropónico y en kg de materia seca por kg de semilla procesada.

3.2.1. Rendimiento de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada en base fresca (Kg)

Basados en información de la Tabla 3, los resultados de cada bandeja de cada tratamiento fueron convertidos a rendimiento de Germinado Hidropónico (TCO) obtenidos a partir de un kilogramo de semilla de cebada procesada que se aprecia en la tabla 14. Al realizar el análisis de varianza (ver anexo 1.9) se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) rindiendo más el GH cosechado a 18 días (T2) con 6.9 kg de GH, valor que se ubica dentro del rango reportado por Tarrillo (2005) de 6 a 8 kg; pero por debajo del valor hallado por Quiñonez (2014) de 7.13 kg y de Guevara (2013) quien reportó 7.22 kg de GH/ Kg de semilla procesada, quienes cosecharon a los 15 días. El tratamiento menos favorecido fue el cosechado a 12 días (T1) con 4.09 kg hallándose por debajo de los rendimientos reportados por Aguilar (2014) con 5.36 Kg y por Ruesta (2013) con 6.86 kg de GH/kg de semilla procesada.

Tabla 14: Rendimiento de Germinado Hidropónico por kilogramo de semilla procesada en base fresca (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B 1	5.43	3.89	7.57
B 2	6.36	4.31	6.84
B 3	6.01	4.16	7.26
B 4	5.22	3.97	7.54
B 5	6.55	4.09	6.70
B 6	4.71	4.20	6.92
B 7	5.85	4.24	6.77
B 8	4.91	4.08	7.59
B 9	6.80	4.00	7.20
B 10	5.29	4.33	6.50
B 11	5.45	3.97	6.26
B 12	5.82	3.84	5.73
Total/tratamiento	68.41	49.08	82.86
Promedio	5.70b	4.09c	6.90a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

3.2.2. Rendimiento de materia seca (MS) de Germinado Hidropónico por kg de semilla procesada

Para obtener el rendimiento de materia seca por kilogramo de semilla procesada de cada tratamiento, se aplicaron los niveles de materia seca de cada tratamiento, vistos en la tabla 7 e información de la tabla 14. Los resultados se aprecian en la tabla 15 y al realizar el análisis de varianza (anexo 1.10) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) obteniendo el mejor rendimiento de materia

seca por kg de semilla procesada el tratamiento dos (T2) con 1.36 kg de MS de GH superando el rendimiento reportado por López (2010) de 0.62 kg y de Quiñonez (2014) con 0.78 kg, quienes cosecharon a los 15 días de edad; pero se halló por debajo del rendimiento logrado por Sinchiguano (2008) de 1.7 kg en Ecuador utilizando 17 días en proceso de producción. El tratamiento menos rendidor fue obtenido con el tratamiento cosechado a los 12 días (T1) con 0.83 kg de MS/kg de semilla procesada.

Tabla 15: Rendimiento de materia seca (MS) por kilogramo de semilla procesada de todos los tratamientos (Kg).

Bandeja	T0	T1	T2
B1	1.09	0.79	1.50
B2	1.27	0.88	1.35
B3	1.20	0.85	1.43
B4	1.04	0.81	1.49
B5	1.31	0.83	1.32
B6	0.94	0.85	1.37
B7	1.17	0.86	1.34
B8	0.98	0.83	1.50
B9	1.36	0.81	1.42
B10	1.06	0.88	1.28
B11	1.09	0.81	1.24
B12	1.16	0.78	1.13
Total/tratamiento	13.67	9.97	16.36
Promedio	1.14b	0.83c	1.36a

Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

3.3. Evaluación económica

3.3.1. Costo de producción por kilogramo de materia seca de semilla de cebada

Considerando que la materia seca es la fracción más importante del alimento, el costo de producción por kilogramo de materia seca de cada tratamiento se realizó dividiendo el costo total en base fresca (TCO), cuya estructura se aprecia en el anexo 3, entre el rendimiento en materia seca de cada uno. El costo del litro de agua se valoró en S/. 0.05, el costo de agua más solución hidropónica en S/.0.07 por litro y el costo de mano de obra por hora fue de S/ 3.00 nuevos soles. Los resultados se aprecian en la tabla 16 donde el costo de producción tanto en kg de GH en base fresca (TCO) como kg de materia seca (MS) más económica se logró con el tratamiento cosechado a 18 días (T2) pero que es inverso con la concentración de azúcar del Germinado Hidropónico porque la concentración de azúcar es más baja a este nivel de cosecha.

Tabla 16: Costo de producción de un kg de Germinado Hidropónico de cebada en base fresca (TCO) y kg de materia seca por tratamiento (S/.).

Tratamiento	TCO	MS
T0	1.31	6.36
T1	1.47	7.3
T2	1.29	6.34

IV. CONCLUSIONES

El periodo de cosecha influye negativamente en la concentración de azúcar del Germinado Hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque.

La mayor concentración de azúcar se logra cosechando a 12 días de edad y la menor concentración a 18 días de edad.

El mejor rendimiento de PC, FC y CEN por metro cuadrado se lograron cosechando GH a 18 días de edad, excepto el rendimiento de EE que fue mayor cosechando a 15 días de edad.

El mayor rendimiento de GH y MS por kg de semilla se logra cosechando a 18 días de edad.

El menor costo de producción de kg de GH tanto en base fresca (TCO) y kg de Materia seca se obtuvo cosechando a 18 días de edad.

V. RECOMENDACIONES

Cosechar Germinado Hidropónico de cebada a los 15 días de edad a fin de mantener una concentración de azúcar adecuada que permita la palatabilidad del producto.

Evaluar la concentración de azúcar en Germinado Hidropónico de otras gramíneas con diferentes periodos de cosecha.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AFSHARI BEHBAHANIZADEH, SANAZ & AKBARI, GHOLAM & SHAHBAZI, MARYAM & ALAHDADI, IRAJ & FARAHANI, LEILA & TABATABAEE, SEYYED & GANJI, MASUMEH. (2016). Qualitative and Physical Properties of Barley Grains under Terminal Drought Stress Conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 18. 1303-1317. Recuperado el 15 de diciembre de 2019 de https://www.researchgate.net/publication/308416293_Qualitative_and_Physical_Properties_of_Barley_Grains_under_Terminal_Drought_Stress_Conditions
- AGUILAR, M. 2014. Influencia del periodo de oscuridad en el rendimiento de germinado Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 76 p.
- ALIAGA RODRIGUEZ, L., MONCAYO GALLIANI, R., et al. 2009. Producción de cuyes. Fondo editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima Perú. 888 p.
- BELTRANO, J y GIMENEZ, D. cultivo en hidroponía. Libros de cátedra. Facultad de ciencias agrarias y forestales. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. Recuperado el 20 de noviembre de 2019 de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1
- CORRALES, R. 2009. La hidroponía como alternativa en la producción de forrajes. Apuntes de clase de la Asignatura Manejo de Pasturas. Facultad Ingeniería Zootecnia Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- EDICIONES CULTURALES VER. 1992. Cultivos Hidropónicos. Industria Agroquímica, S.A., fascículo 9, Bogotá, Colombia. 152 p.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2001. Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 68 p.

FUNDACION ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICION ANIMAL (FEDNA). 2016. Valor nutricional de la cebada. En línea. Recuperada el 5 de setiembre de 2019 de <http://www.fundacionfedna.org/node/368>

GUEVARA, S. 2013. Rendimiento de germinado hidropónico (G.H.) de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en seis niveles de densidad de siembra. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 67 p.

LOPEZ, E. 2010. Hidroponía. Documento en línea s/f. Recuperado el 15 octubre de 2018 de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/174/2/03%20AGP%2029%20CAPITULO%20II.pdf>

LUJAN, L. 2016. Determinación de grados brix. En línea. Recuperado el 15 de noviembre de 2019

ORDOÑEZ, E; IDROGO, E y CORRALES, N. 2018. Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. Revista de Investigaciones veterinarias del Perú. Vol. 29 Núm. 2 (2018) En línea. Recuperado el 4 de diciembre de 2019 de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/14477>

PADRON CORRAL, E. 2009. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México. 224 p.

QUINONEZ, P. 2014. Influencia del ciclo lunar en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. 56 p.

- REGALADO, F. 2009. Cultivos hidropónicos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú, 48 p.
- RUESTA, I. 2013. Tiempo de remojo y concentración de yodo y/o lejía en desinfección de semilla de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Lambayeque. Tesis ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. 105 p.
- SISTEMA DE INFORMACION AGRICOLA NACIONAL DE VENEZUELA (SIAN). 2011. Determinación de la pureza, poder germinativo y valor cultural de las semillas. Folleto en línea. Publicado el año 2011, Recuperado el 15 de agosto de 2019. De <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/folletosvenezolanos/91-100/93%20pureza%20poder%20germinativo%20y%20valor%20cultural%20de%20las%20semillas.pdf>
- SINCHIGUANO, M. 2008. Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes. Tesis (Ing. Zoot). Riobamba, EC, Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. 108 p. Recuperado el 2 de junio de 2019 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>
- TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41p.
- WIKIPEDIA. 2019. Grados Brix. En línea. Recuperado el 15 de setiembre de 2019 de https://es.wikipedia.org/wiki/Grado_Brix

ANEXOS

1. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA):

1.1. ANAVA de peso a la cosecha de Germinado Hidropónico:

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	9.3084	4.6542	92.95	0.000
Error	33	1.6524	0.0501		
Total	35	10.9608			

$S = 0.2238$ R-cuad. = 84.92% R-cuad. (ajustado) = 84.01%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T2	12	3.0450	A
T0	12	2.5139	B
T1	12	1.8038	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.2. ANAVA de concentración de azúcar en Germinado Hidropónico de cebada:

1.2.1. ANAVA de concentración de azúcar en tallo de Germinado Hidropónico de cebada:

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.87167	0.43583	189.66	0.000
Error	33	0.07583	0.00230		
Total	35	0.94750			

$S = 0.04794$ R-cuad. = 92.00% R-cuad. (ajustado) = 91.51%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T1	12	1.03333	A
T0	12	0.96667	B
T2	12	0.67500	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.2.2. ANAVA de concentración de azúcar en raíz de Germinado Hidropónico de cebada:

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	2.44222	1.22111	402.97	0.000
Error	33	0.10000	0.00303		
Total	35	2.54222			

S = 0.05505 R-cuad. = 96.07% R-cuad. (ajustado) = 95.83%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

N	Media	Agrupación
T1 12	0.91667	A
T0 12	0.66667	B
T2 12	0.28333	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.2.3. ANAVA de concentración de azúcar en planta completa de Germinado Hidropónico de cebada:

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	2.44222	1.22111	402.97	0.000
Error	33	0.10000	0.00303		
Total	35	2.54222			

S = 0.05505 R-cuad. = 96.07% R-cuad. (ajustado) = 95.83%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

N	Media	Agrupación
T1 12	0.91667	A
T0 12	0.66667	B
T2 12	0.28333	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.3. ANAVA producción de GH/m² (TCO):

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	430.76	215.38	92.95	0.000
Error	33	76.47	2.32		
Total	35	507.23			

S = 1.522 R-cuad. = 84.92% R-cuad. (ajustado) = 84.01%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

N Media Agrupación

T2 12 20.714 A

T0 12 17.101 B

T1 12 12.270 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.4. ANAVA Rendimiento MS/m² (BS):

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	15.4407	7.7203	84.17	0.000
Error	33	3.0268	0.0917		
Total	35	18.4675			

Agrupar información utilizando el método de Tukey

N Media Agrupación

T2 12 4.0911 A

T0 12 3.4169 B

T1 12 2.4933 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.5. ANAVA Rendimiento PC/M2 (BS):

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.41097	0.20548	111.41	0.000
Error	33	0.06087	0.00184		
Total	35	0.47183			

Agrupar información utilizando el método de Tukey

N Media Agrupación

T2 12 0.56944 A

T0 12 0.49423 B

T1 12 0.31474 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.6. ANOVA Rendimiento EE/m² (BS):

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.029238	0.014619	92.08	0.000
Error	33	0.005239	0.000159		
Total	35	0.034477			

S = 0.01260 R-cuad. = 84.80% R-cuad. (ajustado) = 83.88%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T0	12	0.16030	A
T2	12	0.13782	B
T1	12	0.09182	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.7. ANOVA Rendimiento FC/m² (BS):

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.66489	0.33245	180.89	0.000
Error	33	0.06065	0.00184		
Total	35	0.72554			

S = 0.04287 R-cuad. = 91.64% R-cuad. (ajustado) = 91.13%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T2	12	0.62128	A
T0	12	0.46086	B
T1	12	0.28847	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.8. ANOVA Rendimiento cenizas/m² (BS):

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.0189060	0.0094530	102.96	0.000
Error	33	0.0030299	0.0000918		
Total	35	0.0219359			

S = 0.009582 R-cuad. = 86.19% R-cuad. (ajustado) = 85.35%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T2	12	0.133828	A
T0	12	0.105381	B
T1	12	0.077696	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.9. ANOVA Rendimiento GH/Kg de semilla procesada (TCO):

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	47.863	23.931	92.95	0.000
Error	33	8.497	0.257		
Total	35	56.359			

S = 0.5074 R-cuad. = 84.92% R-cuad. (ajustado) = 84.01%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T2	12	6.9048	A
T0	12	5.7005	B
T1	12	4.0901	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

1.10. ANOVA Rendimiento de kg de MS/kg de semilla procesada:

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	1.7156	0.8578	84.17	0.000
Error	33	0.3363	0.0102		
Total	35	2.0519			

S = 0.1010 R-cuad. = 83.61% R-cuad. (ajustado) = 82.62%

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T2	12	1.3637	A
T0	12	1.1390	B
T1	12	0.8311	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2. Estructura de costos de producción de un kg de Materia seca (MS) de GH de T2 (S/.):

PROCESO	Insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Costo (S/)
PRE GERMINACION	Cebada	Kg.	5.292	1.80	9.53
	Agua	L	15.876	0.05	0.79
	Lejía	L	0.008	1.90	0.015
	Mano de obra	Horas	2	3.125	6.25
	Sub Total				16.58
GERMINACION	Agua	L	7.938	0.05	0.40
				0.00	0.00
	Mano de obra	Horas	1.250	3.125	3.91
	Sub Total				4.30
PRODUCCION (7 días)	Agua	L	60	0.05	3.00
	Mano de Obra	Horas	6.67	3	20.00
	Sub Total				24.50
TOTAL					45.39
Costo de producción por tratamiento (S/)					45.39
Rendimiento/tratamiento (Kg)					7.22
Costo de 1 Kg de germinado hidropónico					6.29
Costo de depreciación/kg					0.05
Costo Total de 1 Kg. de Germinado Hidropónico de cebada					6.34